



はずれた」事例が漏洩で終わったヒヤリハット事例<sup>8)</sup>であっても、本手法で、同状況で事故へ至った事例<sup>9)</sup>と連結すると、一步間違えば、LPG に引火して火災が発生し、死傷事故へ至る可能性があるとして潜在的危険を顕在化できる。同種の事例が多発している事がわかれば、本手法により、その危険やリスクを可視化できるので、作業員は、LPG タンク移送時に、解析結果から、事故に至った進展を理解する事で、異常への事象の進展に優先的に注意を払う事ができるようになると期待できる。また、異常時には、進展を予測した早期対応行動をとれるため、事故対応が迅速かつ正確になる事を期待できる。

以後、潜在的危険を顕在化し、他者へ知識を伝える形式化を、本論文では、可視化というとする。

## 2. 関連研究

本手法に関係した事例の横断的解析の手段としては、進展表現用グラフ（以下、進展グラフと略記）や分類項目別の統計解析、事例の内容解析等が挙げられる。

進展グラフには、特性要因図や、いきさつダイアグラム<sup>10)</sup>、VTA<sup>11)</sup>、FTA<sup>12)</sup>、PFA (Progress Flow Analysis) 等が存在する。ただし、従来手法はいずれも単一事象の進展の表現にしか用いられておらず、事例の横断解析に用いる事はできない。

横断解析に広く用いられている統計解析<sup>3)~7)</sup>は、主に分類項目毎の集計に留まっている。また、近年、研究が進められている自然言語処理やテキストマイニングを用いた研究<sup>13),14)</sup>は、進展の部分的な解析に留まっている。

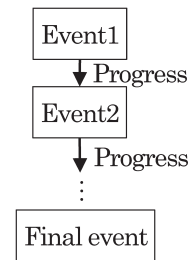
以上、従来は、項目毎に集計する統計解析や、部分的な進展解析までしか横断解析する手段がなかった。本手法は、複数事例を統合化した事例データから、進展の経路の網羅と、その頻度の定量化を実現し、事故へ至る進展経路とその頻度が、危険同定、リスク評価に繋がる事を見出した点が異なる。近年、多量のデータより仮説や結果を手続き的に得られるビックデータの活用が期待されている。事例集のデータが多い程、統計的な信頼性があるため、本解析法は、近年、公開が増えている事故事例集を活用する横断解析法として有益であると考ええる。

## 3. 進展事象の統合解析

事象の統合化における課題や、従来の進展グラフとの書式の相違に重点をおいて、提案する進展グラフを説明し、その進展グラフを用いた本研究の概要や狙いについて説明する。

### 3.1 進展事象の統合化

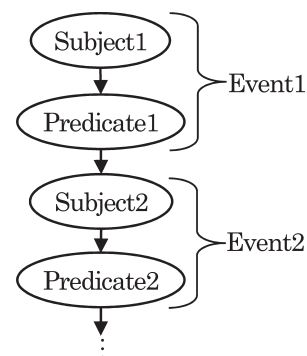
進展グラフは、事象の進展を表した有向グラフである。従来手法の進展グラフでは、**Fig.1**の通り事象 (Event) と進展 (Progress) の連なりで事例を表現している。事象の進展を可視化する利点は、事故へ至る進展の理解を容易にさせる点にある。理解の向上は、異常発生時の早期対応能力の向上、事故の未然防止や被害の軽減に繋がると期待されており、危険予知訓練でも必要性を述べられている<sup>15)</sup>。



**Fig.1** Event progress on conventional method

しかし、事象単位で可視化する従来手法では、事例の横断解析や事例間の関係性の可視化は難しい。なぜなら、事故を説明する事象は文や文節単位で書かれているため、例えば、同一の事象であっても、文や文節の中に含まれる修飾語や助動詞等品詞の種類や相違、単語の記述順の相違等から事象の同一性を判断し、事象同士の関係を結びつけるのは容易ではない。そこで、事象の統合化のため、事象の説明に必ず含まれる主要な2つのキーワードである事象の主体 (Subject) と、主体の状態や動作を意味する振舞 (Predicate) に注目した。主体や振舞に該当する最小品詞単位の単語をキーワードと呼び、同一のキーワードを基に事象の進展を連結することで事象の統合化を実現する。本手法における単一事象進展のモードグラフを**Fig.2**に示す。

統合化した事象進展のモードグラフを**Fig.3**へ示す。**Fig.3**は振舞1と振舞2他が共に主体3へ影響する進展の統合化を示している。



**Fig.2** Progress events on our method

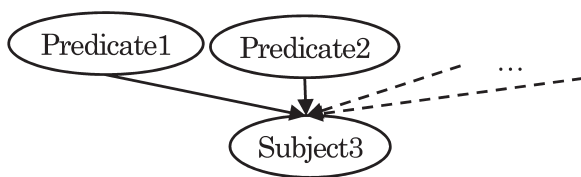


Fig.3 Integrating progress events

進展の分岐は、ある主体もしくは振舞が異なる複数の振舞や主体へ進展が分岐する事である。その分岐した進展の例を Fig.4 に示す。Fig.4 では事象の振舞 1 から主体 2 への進展はリスク値  $a$ 、頻度  $b\%$ 、主体 3 への進展はリスク値  $c$ 、頻度  $d\%$  で分岐する事を示している。

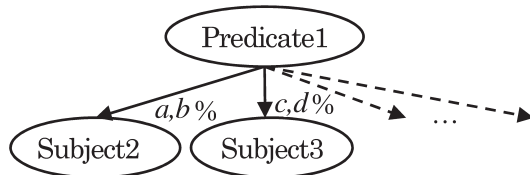


Fig.4 Branched progress events

### 3.2 統合解析の流れ

本研究における事例解析と将来の活用の流れを Fig.5 に示す。本論文では、Fig.5 の実線の矢印が示す通り、複数事例の統合化データを作成し、統合化進展グラフを描画、解析するというアプローチをとる。

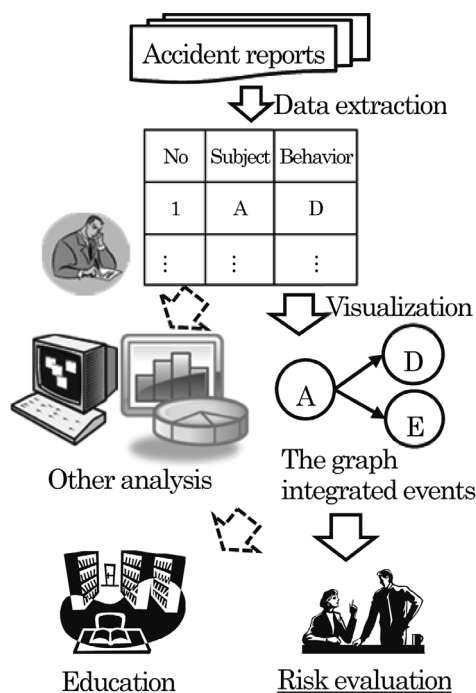


Fig.5 Flow of our approach

データ抽出は人手で行わなければならないが、統合化進展グラフの描画は機械的に実現できる。点線の矢印先は、抽出したデータを基にした他の解析への活用や、教育への応用といった用途案を示す。

## 4. 統合化事例データ作成法

統合化事例データの作成法について説明する。

### 4.1 解析に必要な項目

本節では、本解析に用いる項目について説明する。

#### (1) 事例 ID (Case ID)

事例を一意に特定するための識別番号である。

#### (2) 事象 ID (Event ID)

事例 ID と組み合わせて、事象を一意に特定するための識別番号である。

#### (3) 進展先事象 ID (Destination event ID)

事象間の接続関係を保持するため、進展先の事象の事象 ID を保持する項目である。

#### (4) 主体 (Subject)

事象の主を表すキーワードである。主体は、文法上、主部、又は目的部を構成する人、物等の名詞、動名詞が該当する。

#### (5) 振舞 (Predicate)

主体の動作や状態等を表すキーワードである。振舞は、文法上、述部を構成する主体の行動や動作といった自発的動作、又は腐食、火災といった状態を示す受動的動作の動詞、動名詞、サ変名詞等が該当する。

#### (6) 損失値 (Amount Loss)

人や経済、環境の定量的な損失評価値である。

### 4.2 進展記述シート

進展記述シートは、4.1 で定めた項目を事例から抽出し記述するシートである。進展記述シートは表形式になっており、列名には 4.1 で説明した項目を記入し、行毎に各進展事象の抽出した値を列項目に従って記載する。

### 4.3 進展記述シートの作成手順

#### Step 1 事例の用意と前処理

事故事例やヒヤリハット等解析対象となる事例集を用意し、進展事象を確認できるように事象の進展を時系列に整理する。以後、整理した事例の説明文章を事例説明文章と略記する。用意した事例集には  $o$  個の事例が記録されているものとし、 $k$  番目の事例を  $R_k (1 \leq k \leq o)$  とする。また、事例  $R_k$  に保存された事象の数を  $n_k$  とし、 $k$  個の事例に保存された事象の総数  $\sum_{p=1}^k n_p$  を  $T_k$  と定義する。

#### Step 2 進展記述シートの用意

4.2 で説明した進展記述シートを用意する。以後、シート欄は  $Cell$  (行番号、列項目) と表す。例えば、



事例 $R_k$ における事象番号 $x$ ，列名 $y$ の欄は

$Cell(T_{k-1} + x, y)$ となる。

### Step 3 事象の主体と振舞の確認

事例の最終事象へ至るすべての事象とその主体，振舞の記載箇所を，最終事象から遡って確認する。 $R_k$ の事例の $i_k$ 番目の事象を $E_{i_k}^k$ と表現する。 $E_{i_k}^k$ は主体 $S_{i_k}^k$ と振舞 $P_{i_k}^k$ を含んだ文または文節であり，主体 $S_{i_k}^k$ と振舞 $P_{i_k}^k$ は1対1に対応する。文脈の前後関係に注意しながら，最終事象 $E_{n_k}^k$ から順に，事象 $E_{n_k-e_k}^k$  ( $0 \leq e_k \leq n_k - 2$ )を引き起こす起点となった事象 $E_{n_k-e_k-1}^k$ を確認する。以後， $e_k = n_k - 2$ となるまで確認を繰り返す。

従来の進展事象には，事象の中に主体もしくは振舞が複数存在する場合がある。この時は，主体と振舞が1対1の組となるよう事象を増やす。例えば，「主体 $S_1^k$ と主体 $S_2^k$ が振舞 $P_1^k$ となる」という事象に対しては $E_1^k = \{S_1^k, P_1^k\}$ ， $E_2^k = \{S_2^k, P_1^k\}$ と2つの事象に分ける。

また，通常，主体と振舞は文脈上に交互に現れるが，日本語の特徴から主体は省略される事がある。その時は文脈を遡って該当する主体を事例から探し出す。また，起点となる事象が省略される場合がある。その場合，省略された事象は補う。すべての事象の主体と振舞を確認したら Step 4 へ進む。

### Step 4 事例 ID の記入

式 (1) の通り，事例番号 $k$ を進展記述シートへ記入する。

$$Cell(T_{k-1} + i_k, Case ID) \leftarrow k \quad (1)$$

### Step 5 事象 ID の記入

式 (2) の通り，重複しない事象 ID 値 $i_k$ を記入する。

$$Cell(T_{k-1} + i_k, Event ID) \leftarrow i_k \quad (2)$$

### Step 6 主体と振舞の記入

Step 3 で確認した主体，振舞から，修飾語を省き中心的意味を表している最小品詞単位の単語を主体 $S_{i_k}^k$ ，振舞 $P_{i_k}^k$ とする。主体と振舞を進展記述シートへ記載する際，類似語や同義異表記語が発生しないよう整合性をとるため，キーワード表を用意し，キーワードの意味や綴りを統一する。

記載手順について説明する。主体又は振舞の綴りが完全一致もしくは，類似している主体 $S_{i_k}^k$ ，振舞 $P_{i_k}^k$ のキーワードの有無を調べる。類似したキーワードもなければ，汎用的な意味，綴りのキーワードをキーワード表に記録する。一致又は類似するキーワードがキーワード表にあれば，該当する主体 $S_{i_k}^k$ ，振舞 $P_{i_k}^k$ のキーワードを式 (3)，(4) の通り，進展記述シートへ記

入する。

$$Cell(T_{k-1} + i_k, Subject) \leftarrow S_{i_k}^k \quad (3)$$

$$Cell(T_{k-1} + i_k, Predicate) \leftarrow P_{i_k}^k \quad (4)$$

### Step 7 進展先事象 ID の記入

複数の進展の分岐を表現するため， $d$ 個の進展先があると仮定して説明する。進展先の事象 ID 値 $q_c$  ( $1 \leq c \leq d, T_{k-1} + 1 < q_c \leq T_k$ )を，式 (5) の通り記入する。ただし，最終事象の様に進展先が無い場合，進展先事象 ID には0を記入する。 $c < d$ であれば，未記入の進展先 ID を記入するため，次のレコードへ $i_k$ と同じ事例 ID，事象 ID，主体，振舞を転記し，進展先事象 ID のみ $c = c + 1$ と更新した $q_c$ の値を代入し，Step 7 へ戻る。 $c = d$ であれば Step 9 へ進む。

$$Cell(T_{k-1} + i_k, Destination event ID) \leftarrow q_c \quad (5)$$

### Step 8 損失値の記入

損失値を該当欄へ記入する。

### Step 9 解析の終了判定

解析の終了を判定する。もし $i_k \neq n_k \vee k \neq o$ であれば，未記入の進展事象が残っているので Step 4 へ戻る。 $i_k = n_k \wedge k = o$ であれば，全ての進展事象を記入し終えたので解析を終了する。

## 5. 進展事象の統合解析法

進展事象の統合解析の実施のため，統合化進展グラフの描画法と描画したグラフから解析する方法について次の通り説明する。なお，進展の統合は分岐の逆の手順で実現できるため，本節では進展事象の分岐手順のみを説明する。説明のため，進展記述シートには既に $k$ 個の事例が解析されているとする。

### 5.1 主体から振舞への分岐描画手順

#### Step A-1 一意な主体のキーワード抽出

進展記述シートの $Cell(f, Subject)$  ( $1 \leq f \leq T_k$ )の要素の内，綴りが重複しない一意な $h$ 個の主体のキーワードを保存したリストを $U$ とする。

#### Step A-2 振舞のキーワード抽出とその頻度の集計

$U$ に含まれる $g$  ( $1 \leq g \leq h$ )番目のキーワードを主体に持つ事例の振舞のキーワードを，次の通り収集する。 $U_g = Cell(f, Subject)$ が成り立つ時，式 (6) の通り， $U_g$ の下位ノードを保持するための遷移先リスト $PL_g$ へ保存状態に応じて振舞 $P_f^k$ を $r$  ( $1 \leq r \leq t$ )番目に登録する。また，式 (7) を適用し， $PL_g$ に保存された $r$ 番目の下位ノードの要素の出現回数カウンタ $cnt_{g,r}$ を更新する。

$$PL_{g,r} \leftarrow P_f^k ; (P_f^k \notin PL_g) \quad (6)$$

$$cnt_{g,r} \leftarrow cnt_{g,r} + 1 \quad (7)$$

#### Step A-3 遷移確率の算出

$PL_g$ に保存された  $r$  番目の下位ノードの分岐の遷移確率  $SP_{g,r}$  を式 (8) より求める。

$$SP_{g,r} \leftarrow \frac{cnt_{g,r}}{\sum_{l=1}^t cnt_{g,l}} \quad (8)$$

#### Step 4 部分的リスク値の解析

下位ノードが事故や異常を引き起こした要因である場合に、確率×被害の大きさを求められる簡易法<sup>16)</sup>を用いて、リスク値の算出ができる。本論文では、人や経済、環境等の損失額の合計を損失値  $AL$  とし、式 (9) の通り、リスクランク  $RL$  へ変換する。底  $b$  は、損害値を量子化しリスクランクへ変換するための指数である。高い遷移確率の事象ほど事故が再発している事を示しており、その事象が将来、再発する可能性は高い。そのため、解析事例の記録期間を  $YR$  [年] と定義すると、発生確率 [件/年]  $OP$  は、式 (10) の通り遷移確率  $SP/YR$  で求められる。 $OP$  と下位の各ノードの  $RL$  から、式 (11) の通りリスク値 [リスクランク/年]  $RS$  を求める。損失値が不明な場合、 $RL$  には代替値  $rmm$  (例えば 1) を代入するとする。

$$RL_r \leftarrow \log_b (AL_r) \quad (9)$$

$$OP_{g,r} \leftarrow SP_{g,r} / YR \quad (10)$$

$$RS_{g,r} \leftarrow \sum_{l=1}^t (RL_l \times OP_{g,l}) \quad (11)$$

#### Step A-5 グラフ描画

$U_g$  を上位ノード、 $PL_g$  に登録された  $t$  個のキーワードを下位ノードに描き、ノードへ進展を意味する矢印付き線は、頻度またはリスク値に比例した太さで、上位から下位へ、 $SP_{g,r}$  と  $RS_{g,r}$  を各ノード付近に描画する。

### 5.2 振舞から主体への分岐描画手順

#### Step B-1 一意な振舞のキーワード抽出

進展記述シートの  $Cell(f, Predicate)$  の要素の内、綴りが重複しない一意な  $g$  個の振舞のキーワードを保存したリストを  $U$  とする。

#### Step B-2 主体のキーワード抽出とその頻度の集計

$U$  に含まれる  $g$  ( $1 \leq g \leq h$ ) 番目のキーワードを振舞に持つ事例の主体のキーワードを、次の通り収集する。 $U_g = Cell(f, Predicate)$  の時の  $f$  に対する進展先事象 ID の値  $Cell(f, Destination ID)$  を  $u$  とする。式 (12) の通り、 $PL_g$  へ保存状態に応じて主体  $S_u$  を  $r$  番

目に登録する。また、式 (7) を適用し、 $cnt_{g,r}$  を更新する。

$$PL_{g,r} \leftarrow S_u^k ; (S_u^k \notin PL_g) \quad (12)$$

以後は 5.1 の Step A-3 以降を適用する。

### 5.3 統合化進展グラフの簡易解析法

本章では、統合化したグラフの解析方法の手順について説明する。

#### Step C-1 解析箇所の選定

本解析の起点となる進展やキーワードを選定する。重大なリスクを持つ進展やキーワードを優先して遮断する事が効果的な防止策の付与に繋がるため、進展が統合される高頻度な進展事象や大きな事故や異常へ繋がった進展事象等を解析の起点に選ぶ。

#### Step C-2 頻度やリスクから解析する進展の決定

Step C-1 で選定した進展、選定したキーワード周りの進展のリスク値や頻度から重要性を判断し、原因解析する進展を決定する。原因解析には、特に高リスク値又は、低リスク値・高頻度な進展を選択する。

#### Step C-3 リスクの理解、原因の解析、解析結果の活用方法

Step C-2 で決定した進展に対して、その重要性を把握し、重要な事例の原因の理解、原因の共通要因の抽出を行い、異常時の対応力の育成や防止策立案に活用する。共に高リスクの進展に最も注意する。解釈の仕方を次の通り説明する。

**対応・育成：** 対応優先度が中位なのは、高リスク値・低頻度な進展である。稀な事故であるが被害が大きいため定期的に進展を復習し、対応力の維持に努める事が望ましい。対応優先度が低位なのは、低リスク・高頻度の進展である。低リスク・高頻度の進展は、頻度が高い事から異常時の原因となっている可能性が高いと考えられ、記憶しておく事で異常の原因の早期発見に繋がることが期待できる。また、リスクが小さい事象である事を周知する事で、冷静な対応ができ、不用意な対応から二次災害へ繋がる危険性を減らせられる可能性がある。

**防止策：** 高リスク値・低頻度な進展は、稀であるが重要なリスクを引き起こす事故や異常であるため、リスク値に応じた定期点検の期間や方法の見直し等に活用できる事が考えられる。低リスク値・高頻度の進展は、事故への進展が低いヒヤリハットである可能性があるため、注意喚起といった簡易な対応で、発生頻度を下げる事故への進展を防止するといった工夫が考えられる。

## 6. 評価実験

### 6.1 評価目的

複数の事例を統合化し、危険同定、頻度やリスクの解析の実現を示すため、PEC-SAFER<sup>3)</sup>にて掲載されていた事故事例集（以下、PEC 事例集）423 件の事例の内、タンクから始まる進展事象を解析した。

### 6.2 評価対象・手順・結果

タンクから進展した異常、または事故の事象は、屋根の吹き飛び（Roof blown off）1 件、ボイルオーバー（Boil over）1 件、腐食（Corrosion）4 件、亀裂（Crack）2 件、破損（Damage）5 件、破壊（Destroy）3 件、破断（Fracture）1 件、破裂（Rupture）2 件の計 19 件であった。これらの進展を人手により分類し進展記述シートへ記述した結果を Table 1 に示す。

Table 1 の列 Case ID は PEC 事例集の事例番号に該当する。PEC 事例集には、損失値は書かれていないので、損失額を損失値  $AL$  として Table 1 へ記載した。損失額が書かれて無い事例は、タンクは 100 億円/基、原油・重油は 70 円/L、全壊の発電所（100 kW）は 1 千億円/基、アスファルトは約 2 千円/L で事例内容から損失を損失額（円）へ換算した。それでも、損失額が推測できない事例には、損失額は NA と記載し、 $rnm = 1$  で損失ランクを求めた。外貨は、ドルは 100 円/\$ で、ユーロは 140 円/€ で換算した。

次に 5.1 節で示した進展グラフ描画手順を Table 1

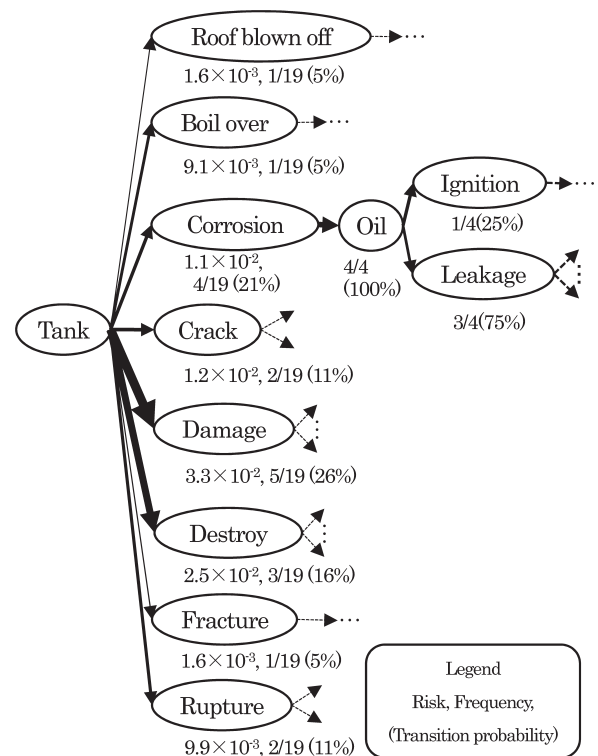
**Table 1** The progress events from the tank to the abnormalities

Case ID	Subject	Predicate	Amount Loss (million yen)	Risk Rank
47	Tank	Rupture	NA	1
76	Tank	Damage	34 767	5.3
78	Tank	Corrosion	35.53	3.8
108	Tank	Damage	10 000	5
110	Tank	Damage	5	3.3
126	Tank	Damage	51 500	5.4
132	Tank	Crack	1.7	3.1
134	Tank	Damage	NA	1
171	Tank	Rupture	10 000	5
178	Tank	Roof blown off	NA	1
194	Tank	Corrosion	NA	1
222	Tank	Corrosion	NA	1
245	Tank	Destroy	10 000	5
248	Tank	Destroy	20 100	5.2
288	Tank	Boil over	118 200	5.5
296	Tank	Fracture	NA	1
301	Tank	Destroy	10 000	5
398	Tank	Crack	308	4.2
403	Tank	Corrosion	NA	1

の統合化データへ適用する。本解析は、タンクから始まる進展のみを解析対象とするため、Step A-1 を適用した結果、 $U = \{\text{タンク}\}$  となる。Step A-2 を適用すると、 $PL_1 = \{\text{屋根の吹き飛び, ボイルオーバー, 腐食, 亀裂, 破損, 破壊, 破断, 破裂}\}$ ,  $cnt_1 = \{1, 1, 4, 2, 5, 3, 1, 2\}$  となり、要素数  $t$  は 8 となる。Step A-3 より、遷移確率  $SP_1 = \{5, 5, 21, 11, 26, 16, 5, 11\} \%$  となる。Step A-4 よりリスクを解析する。 $b = 100$  とし、式 (9), (10) より、損失額をリスク値へ変換した。結果、リスク値 [リスクランク/年] = {屋根の吹き飛び =  $1.6 \times 10^{-3}$ , ボイルオーバー =  $9.1 \times 10^{-3}$ , 腐食 =  $1.1 \times 10^{-2}$ , 亀裂 =  $1.2 \times 10^{-2}$ , 破損 =  $3.3 \times 10^{-2}$ , 破壊 =  $2.5 \times 10^{-2}$ , 破断 =  $1.6 \times 10^{-3}$ , 破裂 =  $9.9 \times 10^{-3}$ } となった。Step A-5 に従い、 $U_1$  から  $PL_1$  のノードとその進展及び、遷移確率  $SP_1$ , リスク値  $RS_1$  を描画した統合化進展グラフを Fig.6 に示す。また、紙面の関係で腐食ノードのみではあるが、進展後の事象である着火（Ignition）、漏洩（Leakage）のノードを描画して、本手法が後の進展事象を描画できる一例を示す。

### 6.3 考察

Fig.6 の統合化進展グラフを 5.3. 統合化進展グラフの簡易解析法で解析した考察を示す。本解析は、タンクからの進展と決定済みであるため、Step C-1 は省



**Fig.6** Example of the integrated progress event of a tank and abnormalities



略する。Step C-2に従い、主なりスクを評価する。最もリスクが高かったのはタンクの「破損」でリスク値は  $3.3 \times 10^{-2}$  となった。リスク値が高くなったのは、タンクの修復費や、タンク内の原油の漏洩と対応に費用がかかるため被害額が大きかった。Step C-3に従い原因を調べ、対応策を検討すると、5件中4件がタンク底部の破損による事故であった。タンク底部の事故の事前対応策や、点検の仕方の改良といった対応策が必要である事が明らかになった。次にリスク値が高かったのは破壊で  $2.5 \times 10^{-2}$  [リスクランク/年] であった。原因は、タンクの内容物が流出した為だが、作業中の破壊による事故は1件だけで、残り2件は脆弱性や突発的破壊であった。PEC事例集を単一事業所の事例集と仮定すると、残り2件の脆弱性や突発的破壊は、過去の点検手段では、原因の早期発見ができていない可能性が考えられ、点検方法の改善の必要性を見出す事に繋がる。

長期的な事象である腐食は、大きな損失へ繋がった過去がある事象であり、リスク値は  $1.1 \times 10^{-2}$  [リスクランク/年] と4番目に高いリスクである。腐食に関する進展の原因を調べてみたところ、電位差による電氣的腐食は1件であり、腐食性がある硫化物による化学的腐食は3件と事故原因が重複した事例であった。これはPEC事例集の調査結果であるため、同じ事業所の事例とは限らないが、同じ事業所でも部署間の情報共有ができていないために類似した事故が起きている可能性はある。もし、腐食性がある硫化物による腐食という同じ原因の事例が再発している事を容易に解析できていれば、点検の見直し、強化に役立つ事が期待できる。

## 7. 結 言

本論文では、進展の統合化手法と統合化事例データの解析法を提案した。本手法は、複数事例を統合する事で、事例を結びつけ、横断解析を実現した。そして、複数事例から網羅的に進展経路と定量的にその頻度を解析でき、事故へ至る進展経路とその頻度が、危険同定、リスク評価に繋がる事を見出した。本統合解析法をPEC-SAFER事故事例集のタンクから始まる事例へ適用した結果、タンクから発生しうる危険事象は8種類と同定し、頻度が高いのは破損26%、腐食21%、主なりスク値は破損が  $3.3 \times 10^{-2}$  [リスクラン

ク/年]、破壊は  $2.5 \times 10^{-2}$  [リスクランク/年] である事を可視化できた。

## 謝 辞

本研究には、小谷卓也氏、溝口裕也氏の協力があった。彼らの協力と努力に敬意を表し謝辞とする。

## 参 考 文 献

- 1) 内閣府、原子力発電所の事故リスクコストの試算、<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/tyoki/hatukaku/siryo/siryo3/siryo3.pdf>, viewed 20 August 2014.
- 2) 経済産業省、産業事故の発生防止に向けた対応の方向性、[http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/hoan/pdf/002\\_02\\_00.pdf](http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/hoan/pdf/002_02_00.pdf), viewed 20 August 2014.
- 3) 石油エネルギー技術センター、PEC-SAFER, <http://safer.pecj.or.jp/>, closed from April 2014.
- 4) 原子力安全基盤機構 規格基準部、人的過誤事象の人的要因分析事例集、原子力安全基盤機構, p. i, (2007)
- 5) Mbaye, S., Kouabenan, D., Effects of the feeling of invulnerability and the feeling of control on motivation to participate in experience-based analysis, by type of risk. *Accid Anal Prev.*, 51, pp.310-317 (2013)
- 6) X. Liu, M. Saat, et al., Analysis of causes of major train derailment and their effect on accident rates, J. of the Transportation Research Board, pp.154-163, (2012)
- 7) 原子力安全基盤機構 原子力システム安全部、人間・組織等安全解析調査等に関する報告書、原子力安全基盤機構 JNES-RE-2012-0025 (2013)
- 8) 神奈川県高圧ガス協会、ヒヤリハット体験事例 123, p. 86, 日本工業出版 (1992)
- 9) 石油エネルギー技術センター、事例番号 00176 タンクローリーの荷積み時 LPG が漏洩・火災、[http://www.pecj.or.jp/japanese/safer/case\\_list/pdf/accident\\_00176\\_s.pdf](http://www.pecj.or.jp/japanese/safer/case_list/pdf/accident_00176_s.pdf), viewed 20 August 2014.
- 10) 行待武生 他、ヒューマンエラー防止のヒューマンファクターズ, pp.113-116, テクノシステム (2004)
- 11) Leplat, J., & Rasmussen, J., Analysis of human errors in industrial incidents and accidents for improvement of work safety. *Accid Anal Prev.*, 16 (2), pp.77-88 (1984)
- 12) Sakurada, H., Enhanced Activities for Human Error Prevention at the Kansai Electric Power Company Nuclear Power Station, *Safety Culture in Nuclear Power Plants*, pp.287-299 (2001)
- 13) 木村正臣, 古川裕之, 塚本均, 医薬品使用の安全性に関するアンケートの解析 テキストマイニング手法の適用, *人間工学*, Vol.41, No.5, pp.297-305 (2005)
- 14) 箕輪弘嗣, 宗澤良臣, 鈴木和彦, 単語の共起や頻度に注目した注意要因及び類似事例の抽出, *安全工学*, Vol.51, No.5, pp.319-326 (2012)
- 15) 中村直文, 開発 KYT によるトラブルの未然防止活動, *クオリティフォーラム* 2011, E-2 (2011)
- 16) S. Kaplan and B. J. Garrick, On the Quantitative Definition of Risk, *Risk Anal.*, 1 (1), pp. 11-27 (1981)

## Integrated Analyzing Method for the Progress Event based on Subjects and Predicates in Events

by Hirotugu Minowa<sup>†</sup> and Yoshiomi Munesawa<sup>††</sup>

It is expected to make use of the knowledge that was extracted by analyzing the mistakes of the past to prevent recurrence of accidents. Currently main analytic style is an analytic style that experts decipher deeply the accident cases, but cross-analysis has come to an end with extracting the common factors in the accident cases.

We propose an integrated analyzing method for progress events to analyze among accidents in this study. Our method realized the integration of many accident cases by the integration connecting the common keyword called as "Subject" or "Predicate" that are extracted from each progress event in accident cases or near-miss cases. Our method can analyze and visualize the partial risk identification and the frequency to cause accidents and the risk assessment from the data integrated accident cases.

The result of applying our method to PEC-SAFER accident cases identified 8 hazardous factors which can be caused from tank again, and visualized the high frequent factors that the first factor was damage of tank 26 % and the second factor was the corrosion 21 %, and visualized the high risks that the first risk was the damage  $3.3 \times 10^{-2}$  [risk rank / year] and the second risk was the destroy  $2.5 \times 10^{-2}$  [risk rank / year] .

**Key words** : Connection of Progress Events, Cross-case Analysis, Risk Assessment, Risk Visualization, Accident Case Analysis

<sup>†</sup> Okayama University Graduate School of Natural Science and  
Technology, Department of Intelligent Mechanical Systems, 3-3-1,  
Tsushima Naka, Kita-ku Okayama-shi, Okayama, 700-8530, Japan  
<sup>††</sup> Hiroshima Institute of Technology, Faculty of Engineering,  
Department of Mechanical Systems Engineering, 2-1-1, Miyake, Saeki-ku  
Hiroshima-shi, Hiroshima, 731-5193, Japan